



# Ressources en eau du Bassin Conventionnel

- Jacques Lemoalle, Hydrogéologue, ORSTOM
- Diane Brami-Hourtal, thèse de géographie, IMAGÉO-CNRS, Université Paris I

Lemoalle Jacques, Brami-Hourtal Diane. 1996. Ressources en eau du bassin conventionnel. In : Atlas d'élevage du bassin du Lac Tchad = Livestock atlas of the Lake Chad basin. De Zborowski Isolde. CIRAD-EMVT-Service Infographie-Cartographie (FRA). Wageningen : CTA, 23-28. ISBN 2-87614-248-1

## Introduction

Les eaux superficielles du Bassin Conventionnel du Lac Tchad sont diverses et caractérisées par une forte variabilité temporelle, saisonnière ou interannuelle.

Les principaux éléments du système hydrographique sont le Chari, le Logone et le Lac Tchad, point focal du Bassin partagé entre les quatre états membres. Les autres plans d'eau naturels permanents sont le lac Fitri, à l'est, et les lacs de la dépression du Mayo Kébi, qui appartiennent au bassin du Niger : lacs Fianga, Tikem, N'Gara. Les plaines d'inondation constituent temporairement des accumulations d'eau importantes : Grand Yaéré du Nord-Cameroun issu du Logone, plaine inondée du Ba-Illi entre Chari et Logone, de Massenya sur la rive droite du Chari, ou plaine d'inondation de la Yobé autour de N'Guru, sur la limite occidentale du Bassin Conventionnel.

## Introduction

Great variety and large seasonal and annual variations characterize the surface water resources of the Conventional Basin of Lake Chad.

The major elements of the hydrographic system are the Chari, the Logone and Lake Chad itself, the last being the focal point of the basin and shared among the four member states. Other permanent water bodies are Lake Fitri in the east and Lakes Fianga, Tikem and N'Gara in the Mayo Kebbi depression that are part of the River Niger system. The 'yaéré' flood plains of the Logone in northern Cameroon, the flood plain of Ba-illi between the Chari and the Logone and the flood plains of Massenya on the right bank of the Chari and the Yobé around N'Guru at the eastern edge of the basin are other important water resources.

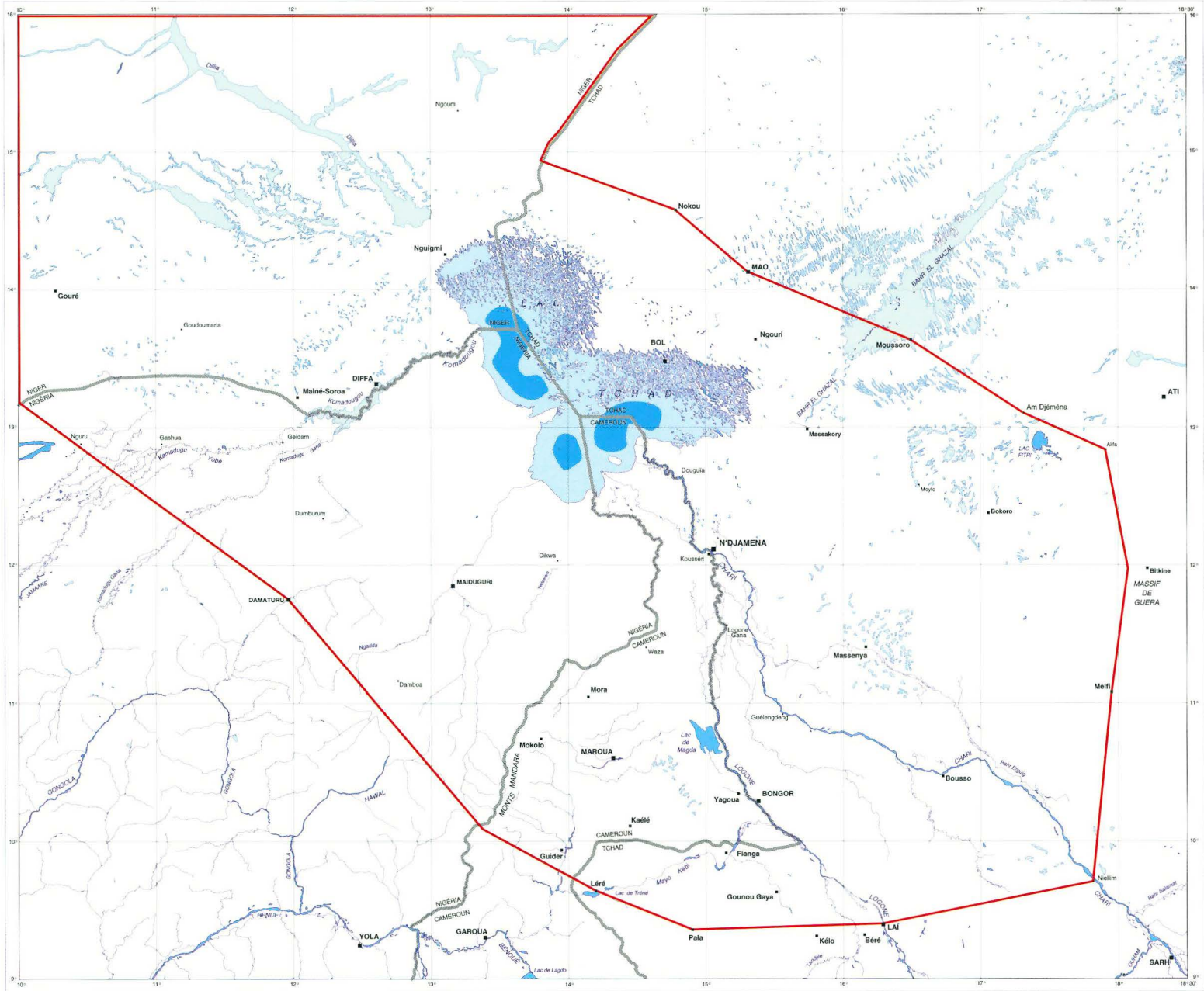


Figure 1 : Carte de situation : c'est la carte du Bassin Conventionnel, et un peu au-delà, avec les lacs, les fleuves, les zones inondables.  
Figure 1 : Locational map showing main water courses, flood plains and lakes

Si les retenues artificielles ne concernent encore qu'un volume peu important dans le bilan général, elles peuvent avoir des impacts locaux déterminants : lac de Maga en amont du Grand Yaéré pour la riziculture, retenues diverses sur la Yobé et le Yedseram dont les apports au Lac sont de ce fait très sensiblement réduits.

Signalons aussi, dans le système dunaire qui borde le nord-est du Lac Tchad, les lacs natronés du Kanem dont certains sont permanents et d'autres temporaires.

Un dernier élément du paysage est constitué par les mares temporaires, à la fin de la saison des pluies ; elles représentent pour l'agriculture villageoise une ressource qu'il ne faut pas négliger.

Les ressources naturelles directement liées au Lac Tchad sont :

Man-made dams still have little impact on the overall water balance but can be a determining factor at the local level. Examples are Lake Maga upstream of the 'yaéré' for irrigated rice and several small dams on the Yobé and Yedseram which have the effect of reducing the contribution of these two rivers to the main lake.

There are also the perennial and temporary soda or natron lakes of Kanem in the dune system to the northeast of Lake Chad.

A final water source comprises the temporary pools which remain at the end of the rainy season. These are an important resource for village agriculture that should not be forgotten.

Natural resources directly related to Lake Chad are :

- fish, with a total production of about 100 000 tonnes per year. The



- les poissons, avec une production de l'ordre de 100 000 tonnes par an. Le cycle de reproduction de certaines espèces passe par un développement des juvéniles dans les plaines d'inondation. L'exemple type est *Alestes baremoze* (le salanga) dont les stocks fluctuent suivant que le Yaéré est inondé ou non ;
- la végétation de bordure, largement utilisée par les troupeaux ;
- les espaces disponibles pour les cultures de décrue ;
- l'alimentation en eau des périmètres irrigués (N'Gala et Baga au Nigeria) ou des polders (Bol, Baga Sola au Tchad).

Le Lac Tchad

Le Lac Tchad est situé dans un Bassin endoréique ; il n'y a pas d'exutoire de surface et son niveau dépend de l'équilibre entre, d'une part, les apports par les fleuves et les pluies directes sur le Lac et, d'autre part, les pertes par évaporation, augmentées d'infiltrations peu importantes vers la nappe phréatique.

Le bassin versant actif est, pour l'essentiel, situé au sud du Lac, dans la zone balayée par la convergence intertropicale. Le Lac est donc très sensible aux fluctuations de celle-ci et se comporte en amplificateur des variations climatiques. Selon les dates de passage des premiers observateurs européens, au 19<sup>e</sup> siècle, les descriptions faites vont d'une vaste mer intérieure à une plaine marécageuse ; d'où une certaine perplexité des géographes de l'époque (Reclus, 1887) et la nécessité, toujours actuelle, de bien préciser soit la période considérée, soit l'état du Lac.

La classification en trois états du Lac, proposée par TILHO (1911, 1928) conserve tout son intérêt. Elle est brièvement décrite ci-dessous.

En période de **Tchad normal**, le Lac présente un seul plan d'eau, à une altitude au moins égale à 281 mètres, avec deux grandes cuvettes, Sud et Nord, séparées par un étranglement. Un archipel, constitué par un erg fossile, s'enfonce progressivement dans le Lac à partir du nord-est. L'archipel est prolongé vers l'intérieur du Lac par des îles de végétation, appelées îlots-bancs, correspondant aux sommets immergés des dunes colonisées par des phanérogames aquatiques. Le Tchad normal est caractérisé par l'étendue des zones d'eau libre, par l'espace navigable entre les îles des archipels et par une frange limitée de végétation le long des rivages. La surface en eau est de 20 000 kilomètres carrés pour une cote du plan d'eau de 281 mètres, avec un volume total de 50 kilomètres cubes, ce qui correspond à un temps de séjour moyen de 1,2 année. Les fonds des zones centrales des cuvettes Nord et Sud étant respectivement aux altitudes de 275,3 et 278,2 mètres, les profondeurs dans ces régions sont alors de 5,7 et 2,8 mètres. La figure 3 schématise la concentration progressive de l'eau sous l'effet de l'évaporation (une conductivité de 100 pe S/cm correspond à une teneur en sels dissous de l'ordre de 70 mg/L). Dans la durée, les eaux du Lac restent cependant douces, la régulation saline se faisant par infiltrations vers la nappe phréatique à travers les bordures, et par précipitations géochimiques et néoformations d'argile dans le Lac lui-même (ROCHE, 1973 ; CARMOUZE, et al., 1972).

Le **Grand Tchad**, avec une cote du plan d'eau supérieure à 284 mètres, n'a pas été observé au 20<sup>e</sup> siècle. Le haut niveau du Grand Tchad entraîne la disparition des îlots-bancs et l'inondation de la dépression du Bahr-el-Ghazal tchadien, émissaire du Lac vers les bas pays du Tchad et les anciens lacs du Borkou. La surface en eau est alors supérieure à 25 000 kilomètres et les étendues d'eau libres lui donnent un aspect de mer intérieure.

Conséquences des variations climatiques, les phases de Tchad normal sont entrecoupées de phases de bas niveau ; trois phases de **Petit Tchad** sont intervenues depuis le début du siècle : la première (1904-1917) a été décrite en détail par TILHO (1911, 1928). La seconde, vers 1940, n'est documentée que par tradition orale. Le dernier passage à un Petit Tchad a eu lieu en 1973 et, depuis cette date, le Lac fonctionne suivant ce nouveau régime (en 1995, date de rédaction de la présente note).

En période de Tchad normal, l'équilibre du Lac est assuré par les apports du Chari (82 p. 100), les pluies directes sur le Lac (14 p. 100) et les

- development cycle of some species depends on the growth of juveniles in the flood plains. The classic example of this is *Alestes baremoze* ('salanga') whose numbers fluctuate with the level of flooding of the 'yaéré' ;
- bordering vegetation which is mainly grazed by livestock ;
  - land areas available for falling flood cropping ;
  - provision of water to irrigated areas such as N'Gala and Baga in Nigeria or to polders such as Bol and Baga Sola in Chad.

Lake Chad

Lake Chad is located in a closed basin. There is no surface outlet and its level depends on the balance between inflow from the rivers and direct rainfall on the one hand and evaporation and small infiltration losses to the ground water table on the other.

The main catchment area is to the south of the lake in a zone swept over by the Inter-tropical Convergence Zone. The lake is thus greatly affected by variations in the ITCZ and reflects such variations. Depending on the dates at which the first European visitors were in the

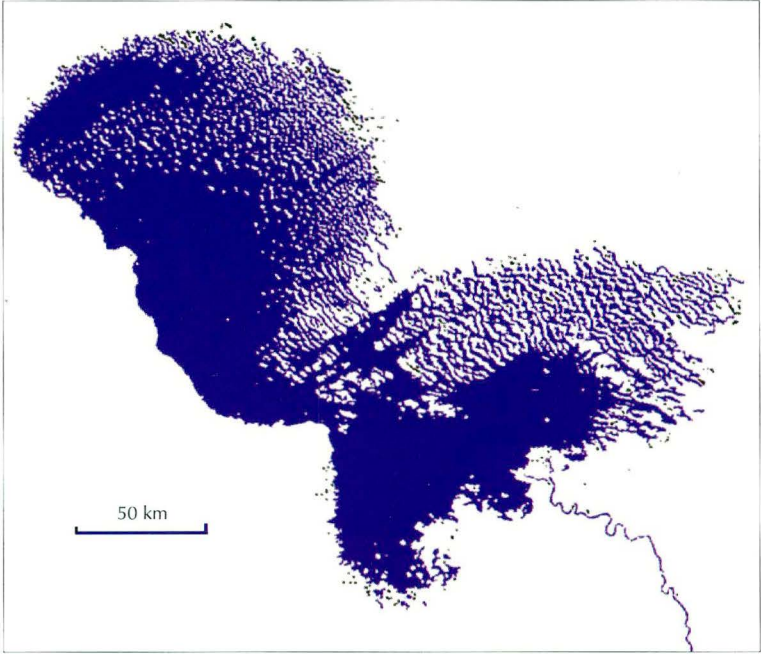


Figure 2 : Les zones du Lac Tchad en janvier 1973, à la cote de 279,6 mètres. D'après une mosaïque d'images Landsat.

Figure 2 : LANDSAT mosaic of Lake Chad in January 1973 just before its transformation to "Little Chad" (water level 279.6 m).



Figure 3 : Les grandes zones écologiques du Lac Tchad "normal". D'après CARMOUZE et al., 1972.

Figure 3 : The main ecological zones of "Standard Chad" (source : CARMOUZE et al., 1972).



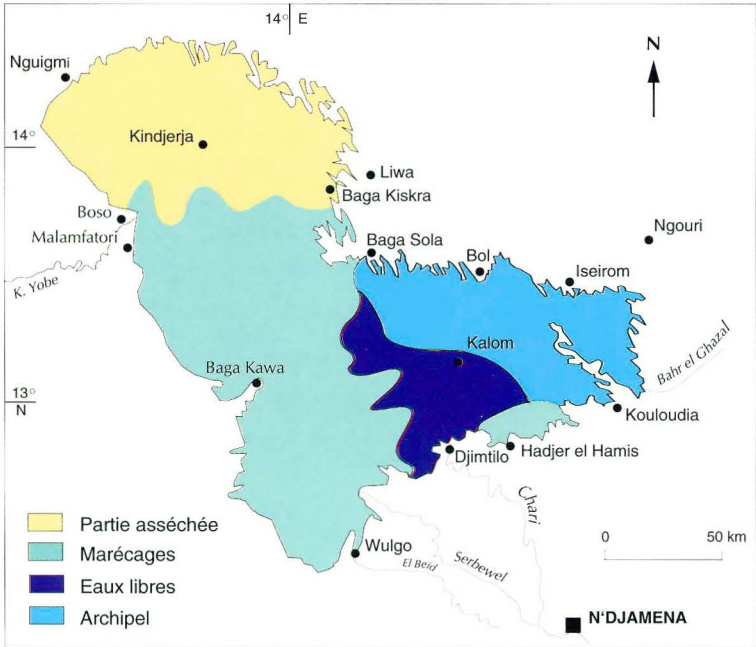


Figure 4 : Le Petit Lac Tchad.  
Figure 4 : “Little Chad”.

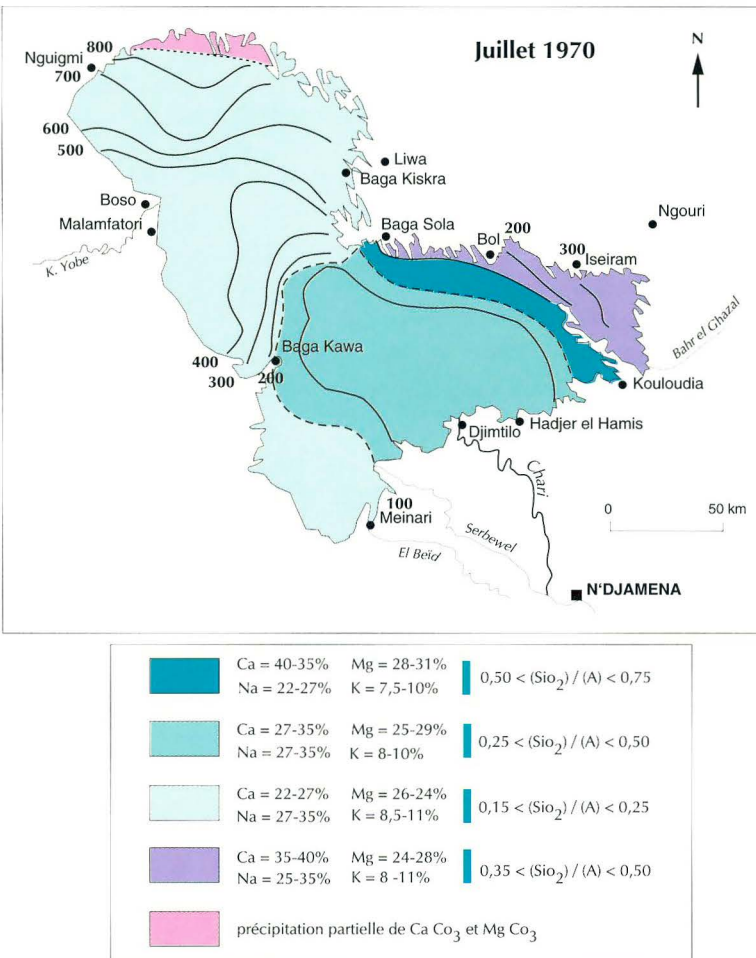


Figure 5 : Les conductivités des eaux du Lac Tchad en décembre 1970 (d’après CARMOUZE et al. 1972)  
Figure 5 : Water conductivity in Lake Chad in December 1970 (from CARMOUZE et al. 1972)

autres tributaires (3,6 p. 100). Les pertes se font surtout par évaporation, l’infiltration dans les rivages vers la nappe phréatique ne représentant que 4 à 7 p. 100 des pertes totales (ROCHE, 1973 ; CARMOUZE et al., 1983). Pour assurer une stabilité interannuelle du niveau en phase de Tchad normal, l’apport annuel du Chari doit être de l’ordre de 42 kilomètres cubes.

Les paysages et le fonctionnement du Petit Tchad résultent du bilan hydrique, de la topographie du Lac et de la dynamique des peuplements végétaux.

A la suite de la crue très faible du Chari fin 1972, le Lac s’est scindé en trois parties en mars 1973 avec l’exondation des seuils séparant l’archipel du Sud-Est, la cuvette Nord et le centre de la cuvette Sud. En juillet 1973, la végétation s’est développée sur tous les sédiments exondés à cette époque. Les crues du Chari, également faibles en 1973 et 1974, n’ont pas suffi à réalimenter la cuvette Nord du Lac qui s’est complètement desséchée en juillet 1975. Depuis cette date, le trop-plein éventuel reçu par la cuvette Sud se déverse dans la cuvette Nord. Le fait qu’il n’y ait plus un plan d’eau unique pour les deux cuvettes caractérise l’état de Petit Tchad.



Photo 1 : Région de Bol, Tchad (cliché, J. LEMOALLE, octobre 1969).  
Photo 1 : Chad. Bol region (Photo, J. LEMOALLE, October 1969).

area during the 19th century, the lake is described as anything from an enormous interior sea to a swampy plain. This accounts for the perplexity suffered by some geographers (RECLUS, 1887) and the continuing necessity to state clearly the period under consideration or the state of the lake.

A classification of three different levels of the lake (TILHO, 1911 ; 1928) is still of considerable use.

**“Standard” Chad.** During periods of Standard Chad the lake is a single stretch of water at an altitude of at least 281 m. It comprises two large lagoons, known as the North and South Basins, separated by a narrow neck. An archipelago, consisting of a fossil erg, progressively invades the lake from the north east. The archipelago is prolonged towards the interior of the lake by small islands of vegetation which correspond to the submerged summits of dunes colonised by aquatic phanerogames. Standard Chad is characterized by the extent of open water, by navigable areas between the islands of the archipelago and by a narrow fringe of vegetation along the banks. At a lake level of 281 m the surface area is 20 000 m<sup>2</sup>, corresponding to a volume of 50 cubic kilometres and an average turnover time of 1.2 years. The bottom levels at the centres of the North and South basins are at 275.3 m and 278.2 m, their depths thus being 5.7 m and 2.8 m. Figure 3 shows in schematic form the progressive regression of the lake area due to evaporation (a conductivity of 100 per S/cm corresponds to a dissolved salts content of 70 mg/l). During this phase the water remains sweet, salinity being regulated by infiltration into the ground water table at the edges of the lake and by geochemical precipitation and clay formation in the lake itself (ROCHE, 1973; CARMOUZE et al, 1972).

**“Great” Chad.** Great Chad has a level of 284 m but this has not been seen during the 20th century. The high water level of Great Chad involves the disappearance of the archipelago islands and the flooding of the Chadian part of the Bahr el Ghazal depression, which runs out of the lake towards the low-lying areas of the country and the old Borkou lakes. In this state the water surface exceeds 25 000 km<sup>2</sup> and the large surface gives the impression of an inland sea.

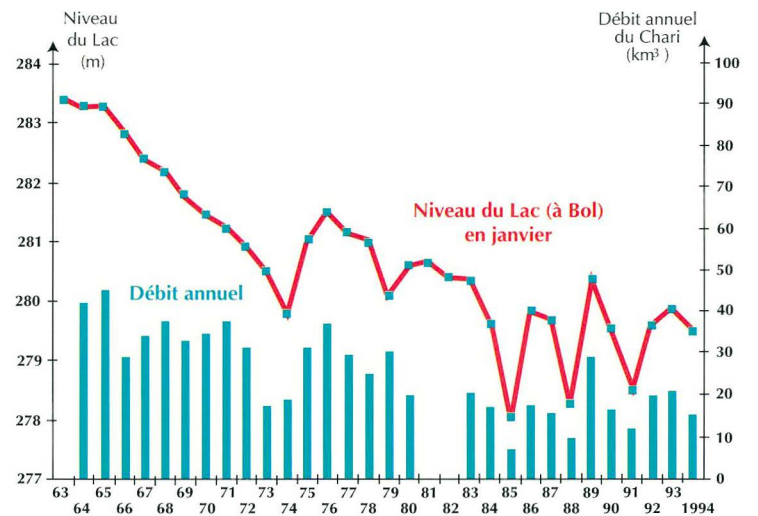


Figure 6 : Le niveau du Lac Tchad à Bol (au mois de janvier) en relation avec le débit annuel du Chari à N'Djamena. Données ORSTOM et DRE-Tchad. À partir de 1973, la cuvette nord du Lac a été séparée de la cuvette sud.  
Figure 6 : The Lake Chad level at Bol (in January) in relation with the annual flow of the Chari at N'Djamena. Data from ORSTOM and DRE-Chad. Since 1973 the northern basin of the Lake was separated from the southern basin.





Photo 2 : Région de Bol, Tchad (cliché, J. LEMOALLE, novembre 1973).  
Photo 2 : Chad. Bol region (Photo, J. LEMOALLE, November 1973).

Dans la cuvette Sud, le principal plan d'eau libre est situé au débouché du delta du Chari, avec une surface de 1 750 kilomètres carrés, sensiblement constante depuis 1974. Le niveau dans la cuvette sud étant de 280 à 281 mètres (comme en période de Tchad normal), la surface en eau couverte de végétation flottante ou enracinée est de l'ordre de 6 200 kilomètres carrés pour la cuvette Sud. Ces marécages ralentissent la circulation de l'eau et gênent la navigation (ILTIS et LEMOALLE, 1983).

La végétation installée dans la région de la Grande-Barrière, entre cuvettes Sud et Nord, rehausse le seuil fonctionnel entre les deux cuvettes. La cuvette Nord est alimentée par les trop-pleins de la cuvette Sud lorsque le niveau y est supérieur à 280,5 mètres environ. L'inondation de la cuvette Nord se développe en décembre-janvier. Elle peut couvrir la presque totalité de la cuvette, comme en 1989, une fraction de l'ordre de un tiers à deux tiers de la cuvette, comme en 1977, 1978, 1979 ou 1986, ou une fraction négligeable ou nulle avec l'exemple extrême de 1985. Dans tous les cas, la cuvette est asséchée en juillet (LEMOALLE, 1991).

## Les fleuves

### Chari et Logone

Les cours d'eau les plus importants sont le Chari et son affluent le Logone, originaires de la Centrafrique et du Cameroun (Massif de l'Adamaoua). Ils ont un régime tropical de transition, caractérisé par une crue annuelle importante et un étiage non nul. Dans le Bassin Conventionnel, plusieurs changements dans le réseau hydrographique au cours du passé géologique récent, ainsi que l'absence de relief, se traduisent par une dégradation hydrographique avec formation de bras défluent qui quittent le cours principal et n'y reviennent que très diminués ou se perdent BILLON *et al.*, 1974).

Le schéma de la figure 7 résume le fonctionnement moyen général pour la période 1956-1974. On notera en particulier les pertes du Logone entre Lai et Kousseri, de l'ordre de 4 kilomètres cubes par an. La pente moyenne entre ces deux villes est de 0,14 p. 1 000.

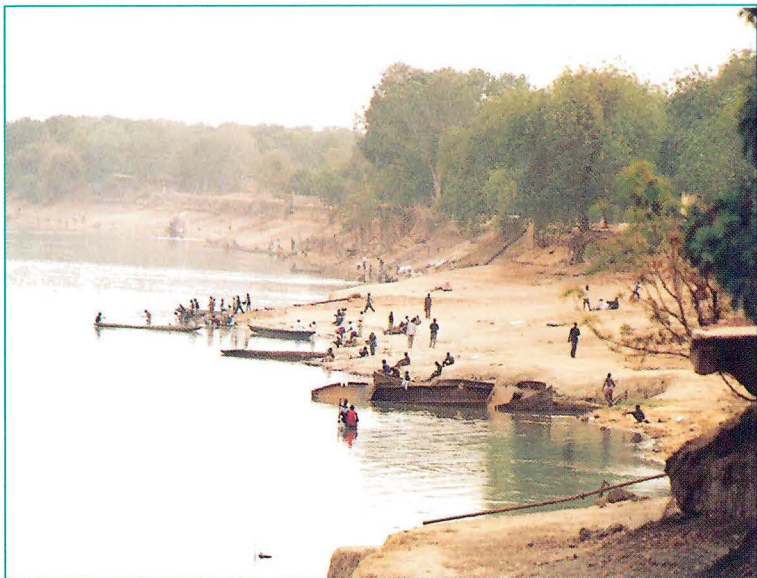


Photo 3 : Le Chari à N'Djamena, Tchad (cliché, I. de ZBOROWSKI).  
Photo 3 : The Chari at N'Djamena, Chad (Photo, I. de ZBOROWSKI).

**"Little" Chad.** As a consequence of climatic variations the Standard Chad phases are interspersed with low lake levels. Three periods of Little Chad have occurred during the 20th century. The first lasted from 1904-1917 and has been well documented (TILHO, 1911; 1928); the second, around 1940, is known only from oral tradition; the third began in 1973 and still continues in 1995.

Equilibrium is ensured during Standard Chad periods by the inflow of the Chari (82 per cent), direct rainfall (14 per cent) and other tributaries (3.6 per cent). Losses are almost totally due to evaporation with infiltration to the ground water table at the lake edges comprising only 4-7 per cent of the total loss (ROCHE, 1973; CARMOUZE *et al.*, 1983). In order to ensure interannual stability of lake levels during Standard Chad the Chari must provide about 42 cubic kilometres of inflow.

The landscape and the functioning of Little Chad are a result of the water balance, topography and vegetation dynamics.

Following the very low flow of the Chari at the end of 1972 the lake divided into three parts in March 1973. Ridges separated the lake into a southeastern archipelago area, the North Basin, and the central part of the South Basin. Vegetation appeared on all the exposed areas in July

1973. Low Chari flood levels in 1973 and 1974 were unable to supply water to the North Basin which dried out completely in July 1975. Since then there have been occasional flows into the North Basin from the South Basin. The fact that there has not been a continuous sheet of water in the lake is characteristic of **Little Chad** conditions.

The main area of open water in the South Basin, with a relatively constant area of 1750 km<sup>2</sup> since 1974, is close to the outlet of the Chari. As the level in the South Basin is 280-281 m, as it is for Standard Chad, the area of floating or rooted vegetation is about 6 200 km<sup>2</sup>. These swampy areas slow down the flow of water and are a hindrance to navigation (ILTIS and LEMOALLE, 1983).

The vegetation in the area of the Grande Barrière between the South and North Basins effectively raises the height of this impediment to water flow. The North Basin receives water from the southern one when the latter's level is above about 280.5 m. Flooding of the North Basin occurs during January and February. The whole of the basin may be flooded as in 1989, an area of one third to two thirds as in 1977, 1978, 1979 and 1986, or hardly or not flooded at all as in 1985. Whatever the case, the basin is dry in July (LEMOALLE, 1991).

## The rivers

### Chari and Logone

The major rivers are the Chari and its tributary the Logone, originating in the Adamawa Massif in the Central African Republic and in Cameroon. They have a tropical transition type of regime characterized by a main annual flow and a low flow the rest of the year. In the Conventional Basin several changes in the hydrological network in the recent geological past coupled with the lack of relief have resulted in a hydrographic degradation and the formation of distributary canals which leave the main river and either return with much less water or lose themselves completely (BILLON *et al.*, 1974).



Photo 4 : Le Logone à Logone Gana, Tchad (cliché, I. de ZBOROWSKI).  
Photo 4 : The Logone at Logone Gana, Chad (Photo, I. de ZBOROWSKI).



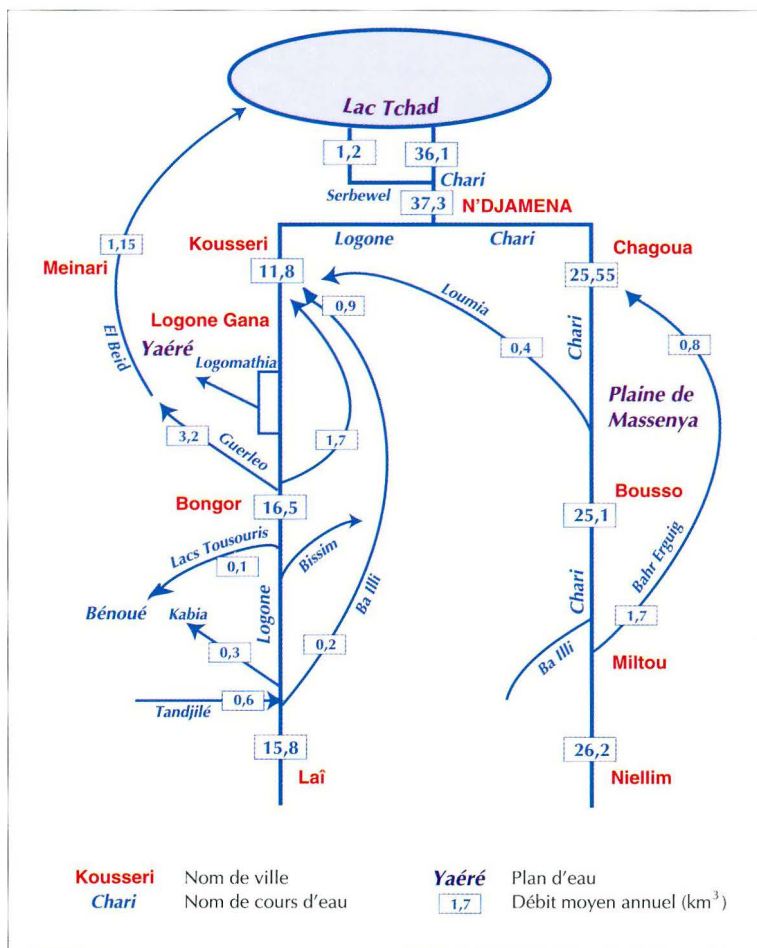


Figure 7 : Bilan hydrologique moyen inter-annuel du système Chari-Logone-Lac Tchad (modifié de GAC, 1980).

Figure 7 : Interannual water balance of the Logone-Chari system (modified by GAC, 1980).

En aval de Laï, le confluent de la Tandjilé à Eré est marqué par une zone inondable qui permet, lors des crues, un passage d'eau par la Loka vers la Kabia. La Kabia rejoint le Mayo Kébi à Fianga et appartient donc au bassin du Niger. Une autre connexion entre les deux bassins a lieu juste en amont de Bongor, au seuil peu marqué de Dana, vers la dépression des lacs Toubouris (lacs de Fianga, Tikem et N'Gara). La communication entre les deux premiers lacs peut s'établir dans un sens ou un autre, en fonction des conditions du moment. La dépression Toubouri, succession de lacs et marécages, donne naissance au Mayo Kébi. A hauteur de M'Bourao, celui-ci traverse une zone rocheuse avec rapides et cascades, dont la principale, les chutes Gauthiot, présente un dénivelé de 45 mètres. Il traverse ensuite les lacs Tréné et Léré avant d'atteindre son confluent avec la Bénoué. Les études récentes concordent sur le peu de risque de voir se développer une capture importante des eaux du Logone vers la Bénoué (BILLON *et al.*, 1967).

En rive gauche, le Guerléou alimente maintenant le lac de Maga puis le Yaéré, tandis que le Logomatia fonctionne aussi bien en défluent du Logone en période de crue qu'en drain du Yaéré à la décrue. Entre Bongor et Katoa, des digues sur les deux rives (édifiées entre 1954 et 1959) empêchent le Logone de quitter son lit. En revanche, entre Katoa et Logone Gana, la dégradation du lit et l'absence de bourrelets de berge facilitent l'expansion latérale du Logone aux hautes eaux.

En rive droite, juste en aval de Laï, entre Sategui et Goundou, prend naissance le Grand-Courant qui devient ensuite le Ba-Illi du Nord. Il coule en thalweg dans la dépression entre Chari et Logone et rejoint le Logone à Logone Gana. De même, le Bissim prend naissance en aval de Ham et rejoint la dépression au nord de Bongor.

L'amortissement des crues entre Laï et Logone Birni résulte de deux causes : d'une part, les pertes du Logone lorsque le fleuve alimente les plaines d'inondation et, d'autre part, un amortissement dynamique quand le fleuve occupe son lit majeur. Depuis 1972, les plaines n'ont été alimentées que très irrégulièrement. La figure 9 représente les débits à Bongor, Katoa (Pouss) et Logone Birni pour une année moyenne pré-1972 (1953, d'après OLIVRY, 1986) et pour une année très faible (1984) sans débordement. Les débits moyens à Bongor sont respectivement de 560 mètres cubes par seconde pour 1948-1970 (manquent deux années) et 358 mètres cubes par seconde pour 1971-1987 (manquent cinq années).

La dégradation du cours du Chari est moins prononcée que celle du Logone. A Miltou se détache en rive droite son défluent le plus important, le Bahr Erguig, alimenté presque exclusivement par les débordements du Chari. Son module annuel (pré-1972) était de 74 mètres cubes seconde. Le débordement a lieu pour une cote du fleuve supérieure à 341,40 mètres.

The schematic drawing in figure 7 shows the average water balances for the period 1956-1974. Particular note should be taken of the losses of the Logone of about four cubic kilometres per year between Laï and Kousseri, the average slope between these two places being 0.14 per 1000.

Downstream from Laï the confluence of the Tandjilé at Eré is marked by a floodable zone which allows water to pass via Loka towards the Kabia during flood periods. The Kabia joins the Mayo Kebbi at Fianga and thus belongs to the Niger Basin. There is another connection between the Chad and Niger Basins just upstream of Bongor where there is a very low step at Dana. Water here flows towards the Toubouri depression comprising Lakes Fianga, Tikem and N'Gara. Transfer of water between the first two lakes can be in either direction and depends on the conditions at any particular time. The succession of lakes and swamps that form the Toubouri depression gives rise to the Mayo Kebbi. This last crosses a rocky area with rapids and small waterfalls around M'Bourao, the one with the most drop of 45 m being the Gathiout falls. The Mayo Kebbi subsequently crosses Lakes Tréné and Léré before it joins the Benue river. All recent studies agree that there is little possibility of a great deal of water from the Logone reaching the Benue (BILLON *et al.*, 1967).

On the left bank the Guerléou now feeds into Lake Maga then into the 'yaéré'. The Logomatia serves the double purpose of an overflow of the Logone in flood periods and a drain of the 'yaéré' at flood recession. Dikes built between 1954 and 1959 on both banks between Bongor

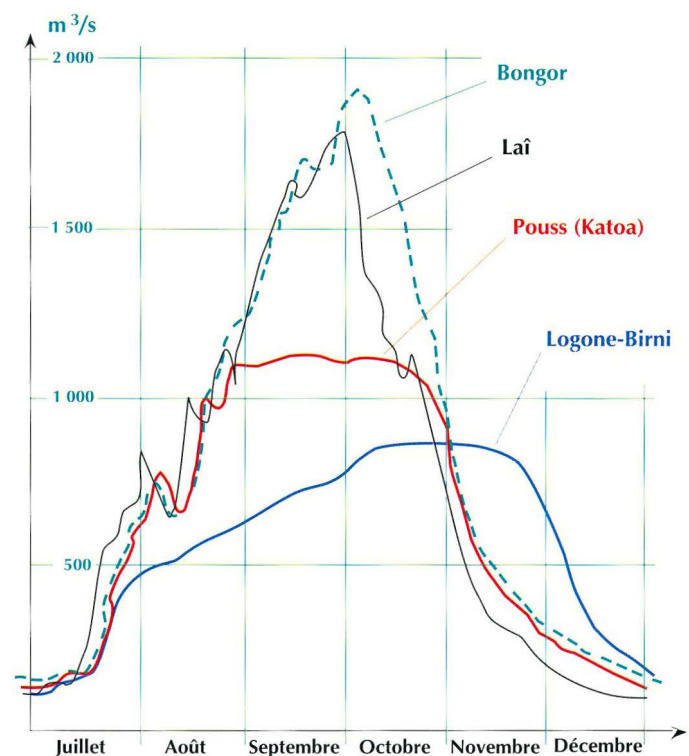


Figure 8a : Débits du Logone à Bongor, Katoa (Pouss) et Logone Birni lors d'une année de forte crue avec pertes vers les plaines d'inondation (1953).

Figure 8a : Monthly flows of the Logone at Bomgou-Katoa-Pouss-Logone Birni in 1953 (losses are negligible at low flows).

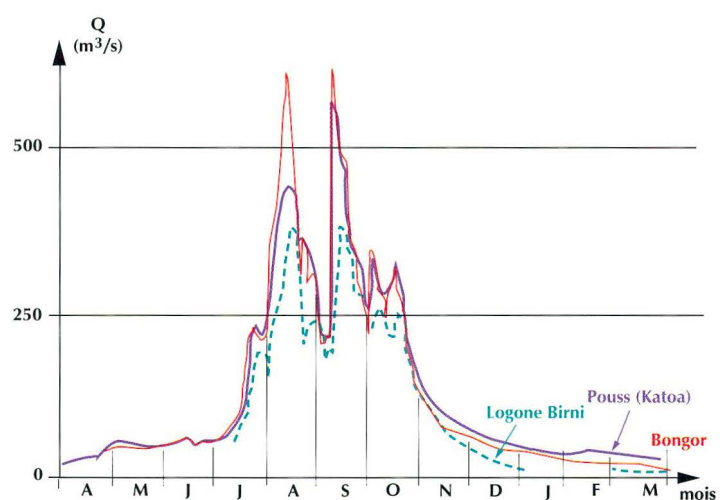


Figure 8b : Débits du Logone à Bongor, Katoa (Pouss) et Logone Birni lors d'une année de forte sécheresse (1984-1985).

Figure 8b : Monthly flows of the Logone at Bomgou-Katoa-Pouss-Logone Birni in 1984.



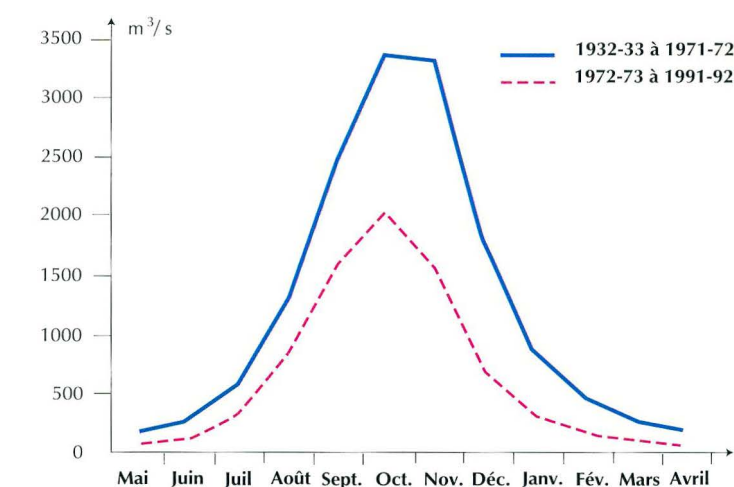


Figure 9 : Les débits moyens mensuels du Chari à N'Djamena. Comparaison entre la période 1932-1972 et la période de sécheresse 1972-1992.

Figure 9 : Monthly mean flows of the Chari at N'Djamena. Comparison between the 1932-1972 and the drought period 1972-1992.

En aval du confluent avec le Ba-Illi du Sud (seul affluent du Chari autre que le Logone dans le Bassin Conventionnel), les pertes en rive gauche sont importantes en période de crue. Par la Loumia, elles assurent la connexion avec le Logone. Au nord de Maïlao, les plaines d'inondation de rive droite se développent légèrement et donnent naissance au Bahr Ligna, qui coule vers le nord mais se perd avant le Lac Tchad.

En aval de N'Djamena débute le caractère deltaïque du fleuve : le Serbewel rejoint le sud du Lac Tchad près de l'embouchure de l'El-Beïd ; le Taf Taf, en amont de Mani, reste toujours en eau et rejoint lui aussi le lac. Enfin, un delta de 15 kilomètres de long et largement ramifié distribue les eaux du fleuve dans le Lac.

A N'Djamena, le bassin actif du Chari-Logone couvre 600 000 kilomètres carrés. Son débit moyen annuel est de 1 063 mètres cubes par seconde (moyenne répartie sur 59 années entre 1932 et 1992) soit 33,5 kilomètres cubes ; avec des extrêmes de 54 kilomètres cubes en 1955-1956 et 6,7 kilomètres cubes en 1984-1985. Depuis 1972, les débits moyens sont sensiblement inférieurs : entre 1932 et 1972, ils étaient de 39,6 kilomètres cubes par an alors que la moyenne 1972-1991 est de 20,7 kilomètres cubes. Le début de la décroissance des débits se situe dans les années 1960-1970. Cette différence, considérable, souligne combien il est important de préciser la période considérée quand il s'agit du climat, des fleuves, de leurs plaines inondées ou du Lac Tchad.

## Les autres affluents du Lac Tchad

Les rivières Yedseram et N'Gadda prennent leur source dans les monts Mandara. Au pied des collines, leur lit majeur est large de plusieurs kilomètres, d'où de fortes pertes par évaporation. Les deux rivières se rejoignent dans un marécage d'une centaine de kilomètres carrés, sur substrat perméable, à Bama en amont du cordon de rivage ancien du Lac Tchad à une altitude de 320 mètres.

La Yedseram coupe le cordon dunaire à Bama en direction du Lac Tchad qu'elle rejoignait avant la période de sécheresse. La N'Gadda longe le cordon jusqu'à Maiduguri avant de le couper à son tour et de se dissiper sans atteindre le Lac.

Les pertes par évaporation sur le cours des deux rivières étaient importantes. La Yedseram passait ainsi, en 1965, d'un débit de 300.10<sup>3</sup> mètres cubes par seconde au pied des monts Mandara à 95.10<sup>3</sup> mètres cubes par seconde à Mbuli, près du Lac Tchad. Depuis, des aménagements ont été construits sur les deux rivières pour les besoins urbains et agricoles.

Les principales informations sur la rivière Yobé sont présentées avec les données sur la plaine d'inondation de cette rivière en amont du N'Guru.

## Les rivières du Bassin de la Bénoué

Sur le versant méridional des monts Mandara, les Bassins du Mayo Louti et du Mayo Kébi appartiennent jusqu'à leur confluence, au Bassin Conventionnel. Le Mayo Kébi, augmenté du Mayo Oudo, rejoint ensuite la Bénoué en amont de Garoua (OLIVRY, 1986).

Dans son cours supérieur, le Kébi, sous le nom de Kabia prend sa source

and Katoa prevent the Logone from leaving its bed. Elsewhere, the degradation of the bed and the absence of banks between Katoa and Logone Gana allow the Logone to spread out laterally at high flow.

On the right bank just below Laï, between Satégui and Goundou, the Grand Courant arises to become subsequently the Northern Ba-Illi. It flows in thalweg in the depression between the Chari and the Logone to rejoin the latter at Logone Gana. The Bissim similarly rises downstream from Ham to enter the depression to the north of Bongor.

The slackening of the floods between Laï and Logone Birni has two causes. The first is the losses from the Logone as it spreads out over the flood plains. The second is a dynamic slackening of flow in the major bed. The flood plains have been inundated very irregularly since 1972. Figure 10 shows the discharges at Bongor, Katoa (Pouss) and Logone Birni for 1953, considered an average pre-1972 year (OLIVRY, 1986) and for the very low year of 1984 when the river did not leave its bed. Annual discharges at Bongor were 560 m<sup>3</sup>/sec during 1948-1970 (with two years missing) and 358 m<sup>3</sup>/sec during 1971-1987 (with five years missing).

Losses in the Chari are less pronounced than in the Logone. The most important distributary, the Bahr Erguig (which receives almost all its water from the Chari), leaves the river by its right bank at Miltou when the water level reaches 341.4 m. Its pre-1972 annual discharge was 74 m<sup>3</sup>/sec.

Downstream of the confluence with the Southern Ba-Illi (the only tributary of the Chari except the Logone in the Conventional Basin) there are major losses by the left bank during the flood period. These ensure a connexion with the Logone via the Loumia. To the north of Maïlao there is some expansion of the flood plains which give rise to the Bahr Ligna which flows northwards but disappears before it reaches Lake Chad.

Downstream from N'Djamena the deltaic character of the river begins to develop. The Serbewel joins the south of Lake Chad close to the mouth of the El Beïd: there is always water in the Taf Taf upstream of Mani and this also enters the lake. Finally a delta area some 15 kilometres long and with many channels also adds the river water to the lake.

The active catchment of the Chari-Logone covers some 600 000 km<sup>2</sup> at N'Djamena. Its average annual discharge over 59 years in the period 1932-1992 was 1063 m<sup>3</sup>/sec, or a total of 33.5 cubic kilometres. The highest discharge was 54 cubic kilometres in 1955-1956 and the lowest 6.7 cubic kilometres in 1984-1985. Average discharges since 1972 have been low, being 20.7 cubic kilometres in the period 1972-1991 compared to 39.6 cubic kilometres in 1932-1972. The start of the reduced discharges was in the 1960s and 1970s. These major differences in total discharge underline the importance of specifying the period being considered when making reference to the climate and to the rivers and floods plains of Lake Chad.

## Other rivers contributing to Lake Chad

The Yedseram and N'Gadda rivers have their sources in the Mandara mountains. At the foot of the hills their main beds are several kilometres wide, resulting in major losses due to evaporation. The two rivers become one in a swampy area of about 100 km<sup>2</sup> on a permeable substrate at Bama, upstream of the former bank of Lake Chad at 320 m.

The Yedseram cuts the barrier of the dunes in the direction of Lake Chad at Bama and used to discharge into the lake before the drought period. The N'Gadda runs along the dunes as far as Maiduguri prior to crossing them and then disappearing before reaching the lake.

There used to be large evaporation losses from the two rivers. The flow of the Yedseram in 1965 was reduced from 300 000 m<sup>3</sup>/sec at the foot of the Mandara mountains to 95 000 m<sup>3</sup> at Mbuli near the lake. Several structures have been built on both rivers since then to serve urban and agricultural needs.

Data relating to the Yobé river are provided in the section of its flood plain upstream of N'Guru.

## The Benue Basin rivers

The basins of the Mayo Louti and the Mayo Kebbi on the southern slopes of the Mandara mountains are part of the Conventional Basin



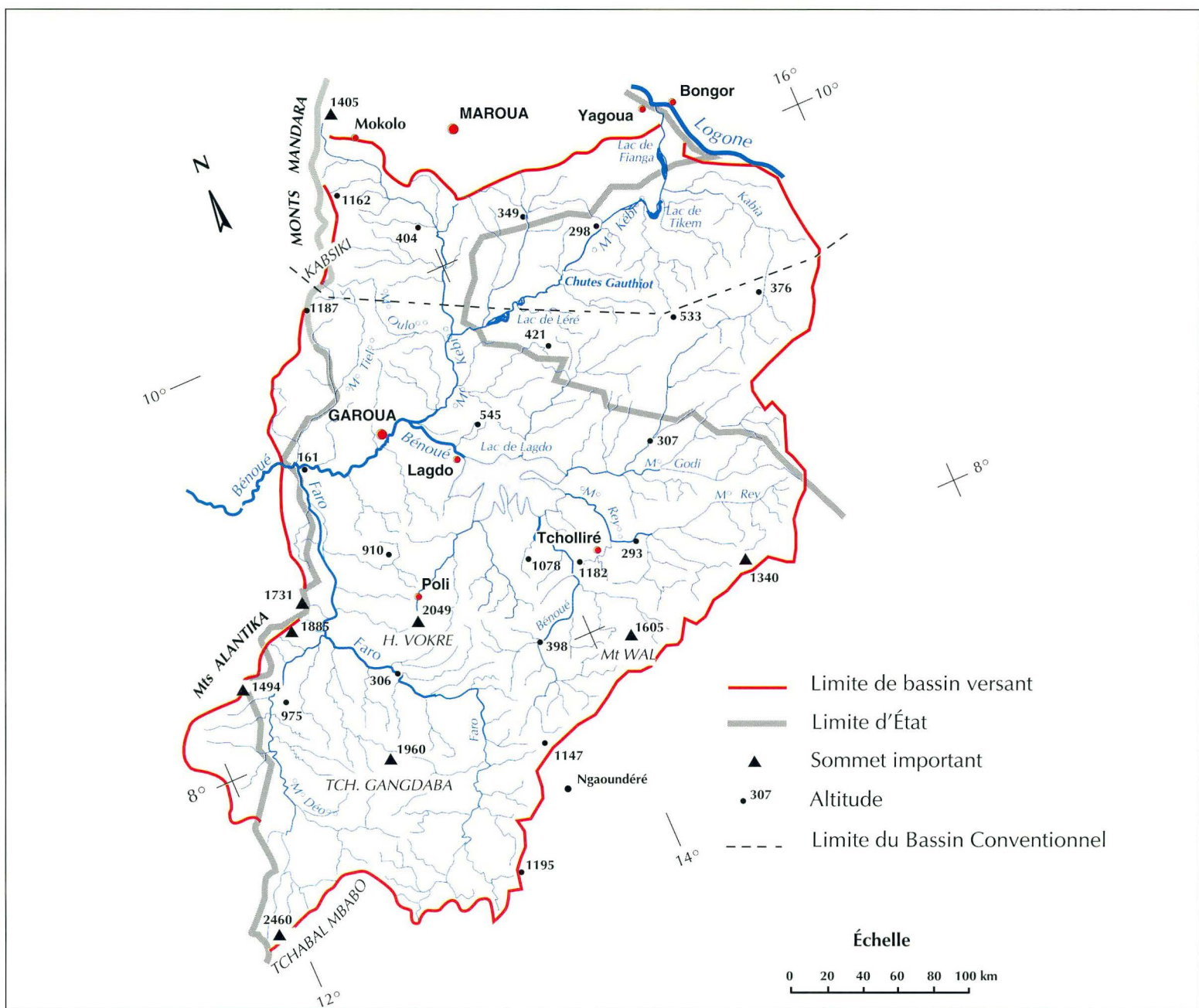


Figure 10 : Le système hydrographique des affluents de la Bénoué (bassin du Niger) dans le Bassin Conventionnel (d'après OLIVRY 1986).

Figure 10 : Hydrographic network of the Benue river tributaries (Niger basin) in the conventional basin (from OLIVRY 1986).

près de Gagal sur le plateau Laka. En rive droite, il reçoit la Loka qui assure le transfert d'eau du Logone par l'affluent d'Eré vers le lac de Fianga. Il franchit ensuite les chutes Gauthiot et parvient successivement aux lacs de Tréné et de Léré. En rive gauche, il reçoit le Mayo Dala et le Mayo Ouaya, et, en rive droite, le Mayo Binder qui, avec son affluent le Sokoy, draine la région de Kaélé et celle du sud de Mindif, puis le Mayo Louti, affluent torrentueux qui prend sa source près de Mokolo et draine une bonne partie des monts Mandara, avec une forte puissance érosive résultant d'une forte pente (plus de 10 p. 1 000) et des crues violentes.

Le module moyen annuel pour la période 1975-1980 du Mayo Louti a été de 28,6 mètres cubes par seconde, avec un pic de débit en août-septembre et un assèchement saisonnier. Des débits instantanés de 1 000 à 2 000 mètres cubes par seconde ont été observés.

Pour le mont Kébi à Cossi, le module moyen annuel est de 97 mètres cubes par seconde (période 1955-1980), avec un pic en septembre (moyenne 353 mètres cubes par seconde) et un minimum en avril où le mayo peut cesser de couler (OLIVRY, 1986).

## Les plaines d'inondation

Les formations fluvio-lacustres quaternaires ont donné naissance à des sols argileux hydromorphes et à des vertisols, dans des plaines très plates et mal drainées. Il en résulte de vastes surfaces facilement inondables, les plaines d'inondation.

Dans le Bassin Conventionnel, les zones inondables de superficie notable se trouvent :

as far as their confluence. The Mayo Kebbi, with water contributed from the Mayo Oudo then flows into the Benue upstream of Garoua (OLIVRY, 1986).

In its upper reaches the Kebbi, where it is known as the Kabia, rises close to Gagal on the Laka plateau. It is joined on its right by the Loka which ensures transfer of water from the Logone via the Eré towards Lake Fianga. It then flows through the Gathiout falls and successively passes through Lakes Tréné and Léré. It is joined on its left by the Mayo Dala and the Mayo Ouaya and, on its right, by the Mayo Binder which together with its tributary the Sokoy drains the Kaélé region and the area to the south of Mindif. It is also joined on its right by the torrential Mayo Louti which rises near to Mokolo and drains much of the Mandara mountains. This last causes considerable erosion due to its steep slope of about 10 per thousand and its violent flows.

The average annual discharge of the Mayo Louti during 1975-1980 was 28.6 m<sup>3</sup>/sec with a peak in August/September followed by seasonal drying. Instantaneous discharges of 1000-2000 m<sup>3</sup>/sec have been recorded on this river.

The average annual discharge of the Mayo Kebbi at Cossi was 97 m<sup>3</sup>/sec in 1955-1980 with a peak of 353 m<sup>3</sup>/sec in September and a minimum in April when it may actually be dry.

## The flood plains

The fluvio-lacustrine formations of the Quaternary have given rise to hydromorphic clay soils and vertisols on the badly drained and very flat topography. The result is the present day flood plains.





- à l'ouest du Logone en aval de Bongor, avec le Grand Yaéré du Nord-Cameroun ;
- entre Logone et Chari entre Laï, Bousso et N'Djaména, où l'on peut distinguer trois zones d'inondation ;
- sur la rive droite du Chari de part et d'autre du Bahr Erguig, avec la plaine d'inondation de Massenya ;
- dans la région de N'Guru avec le delta intérieur de la Komadougou-Yobé ;
- dans la région du lac Fitri.

Ces différentes entités ont des limites mal définies. D'abord alimentées par les pluies directes sur leur surface, elles bénéficient ensuite d'apports fluviaux, souvent par des bras défluent des fleuves principaux. Leur extension dépend donc largement de la pluviométrie locale et des crues des fleuves. Aux plus hautes eaux, elles sont souvent interconnectées, et donc mal individualisées. Certains auteurs considèrent, par exemple, que le Grand Yaéré inclut la zone d'inondation de la rive droite du Logone en aval de Bongor.

L'extension des plaines d'inondation, comme l'ensemble du fonctionnement hydrologique du Bassin, a subi de fortes modifications depuis 1972. Seules les années 1975-1976 et 1988-1989 se rapprochent du régime "moyen" antérieur. Au cours des années les plus sèches, les pluies et surtout les crues fluviales ont alimenté beaucoup moins, voire pas du tout, certaines des plaines inondables.

A partir des données hydrologiques (BILLON *et al.*, 1967 ; BILLON *et al.*, 1974), un bilan approximatif permet d'évaluer à 4,8 kilomètres cubes par an les pertes d'eau par évaporation dans les plaines d'inondation du système Chari-Logone appartenant au Bassin Conventionnel (GAC, 1980), et ceci pour la période 1956-1974.

## Le Grand Yaéré

En période d'hydraulicité moyenne, celui-ci est alimenté d'abord par les pluies (juin-juillet) et les rivières temporaires (mayos) descendant des monts Mandara, dont les principaux sont le Mayo Boula et la Tsanaga. Les apports du Logone s'effectuent principalement par le Guerléou, en aval de Bongor, et le Logomatia dont la mise en eau s'effectue par les deux extrémités lorsque le débit du Logone à Bongor excède 400 mètres cubes par seconde. Le Logomatia se déverse ensuite dans le Yaéré par un drain situé à l'ouest d'Ivié, dans le coude Nord-Ouest de l'affluent. Un remplissage complet du Yaéré correspond à environ 4 kilomètres cubes d'eau du Logone, pour une profondeur de 0,7 à 1 mètre et une surface inondée de 8 000 kilomètres carrés.

Au cours des années 1977-1979, un barrage de 27 kilomètres a été construit dans le Yaéré à la hauteur de Pouss. La retenue ainsi formée, le lac de Maga a une capacité de 400.10<sup>6</sup> mètres cubes pour une surface maximale de 390 kilomètres carrés (NAAH, 1989). Elle est alimentée directement par le Mayo Tsanaga et le Mayo Boura, par le Guerléou et un chenal direct aménagé depuis le Logone. L'ouvrage d'évacuation de Vrik évacue les trop-pleins, draine le périmètre rizicole en aval et alimente le Yaéré.

La digue de Tékélé longe le Logone de Pouss à l'aval de Gamseï sur 21 kilomètres et colmate depuis 1979 la brèche de l'Arenaba. Le Logomatia n'est donc plus alimenté que par le Mayo Vrik et par les débordements en nappe du Logone, en aval de la digue.

Dans ce paysage très plat, les routes surélevées de Kousseri vers Fotokol et vers Waga et Mora limitent maintenant quelque peu l'inondation du Yaéré vers le nord et l'ouest. Dans la région de Fotokol et N'Gala, le nord du Grand Yaéré côtoie en aval la plaine d'inondation du Yedseram.

La vidange se fait par le Logomatia et directement dans le Logone à l'ouest, et par la Kalia qui rejoint l'El Beïd au nord. Le maximum de la crue de l'El Beïd a lieu vers le début décembre avec un débit de 180 mètres cubes par seconde. On estime que les deux tiers des eaux d'inondation fournies par le Logone sont perdues par évaporation, tandis qu'environ 850 000 tonnes de matériaux fins, apportés par les eaux de crue du fleuve, sédimentent, en année moyenne, dans la plaine largement envahie de graminées.

L'importance de l'inondation du Yaéré dans le cycle vital de plusieurs espèces de poissons d'intérêt commercial, dont *Alestes baremoze* (le salanga) est bien connue (CARMOUZE *et al.*, 1983).

The flood plains of some size in the Conventional Basin are :

- to the west of the Logone downstream from Bongor and the great 'yaéré' in northern Cameroon ;
- the area between the Logone and Chari between Laï, Bousso and N'Djamena where there are three separate areas ;
- on the right bank of the Chari on either side of the Bahr Erguig together with the Massenya flood plain ;
- in the N'Guru area with the delta of Komadougou-Yobé ;
- in the area of Lake Fitri.

These various flood plains have ill-defined boundaries. They are first watered by the rain falling directly on them and then by river flooding, often by distributaries of the major rivers. Their area is thus dependent on local rainfall and on river flood levels. At highest water levels they are often interconnected and not distinguishable as individual entities. Some authors, for example, consider that the 'yaéré' includes the inundation zone of the right bank of the Logone downstream from Bongor.

The area of the flood plains, as well as the whole hydrology of the Chad Basin, have been subject to considerable changes since 1972. Only the years 1975-1976 and 1988-1989 have approached the former "average" regime. During the driest years the rains and the river flows have provided much less, or even no, water to the flood plains.

On the basis of hydrological data (BILLON *et al.*, 1967; 1974) an approximate annual loss of 4.8 cubic kilometres of water due to evaporation can be assumed for the Logone-Chari flood plains system in the Conventional Basin for the period 1956-1954 (GAC, 1980).

## The great 'yaéré'

During average periods the 'yaéré' receives its first water as rain in June and July and from the ephemeral rivers or 'mayo' running off the Mandara mountains, the main ones being the Mayo Boula and the Tsanaga. Water from the Logone is transferred mainly by the Guerléou downstream from Bongor and the Logomatia which is filled from both ends when the flow of the Logone at Bongor is in excess of 400 m<sup>3</sup>/sec. The Logomatia then discharges into the 'yaéré' via a drain to the west of Ivrié in a bend on its northwest side. Complete flooding of the 'yaéré' corresponds to about four cubic kilometres of water from the Logone, with a depth of 0.7-1.0 m and a surface area of 8000 km<sup>2</sup>.

A dam 27 km long was built in 1977-1979 in the 'yaéré' in the area of Pouss. The Manga lake thus formed has a capacity of 400 000 000 m<sup>3</sup> with a maximum surface area of 390 km<sup>2</sup> (NAAH, 1989). This lake is fed from the Mayo Tsanaga and the Mayo Boura, by the Guerléou, and by a canal constructed directly from the Logone. Excess water is emptied through a tail work at Vrik which also drains the rice paddies and feeds the water into the 'yaéré'.

The 21-km long Tékélé dike runs along the Logone from Pouss to downstream of Gamsel and, since 1979, has closed the Arenaba gap. The Logomatia is thus now only fed by the Mayo Vrik and by excess water from the ground water table of the Logone downstream of the dike.

In this very flat country the raised roads from Kousseri towards Fotokol and towards Waga and Mora hinder to some extent the flow of water into the 'yaéré' to the north and the west. Around Fotokol and N'Gala the northern edge of the 'yaéré' runs downstream alongside the Yedseram flood plain.

The 'yaéré' empties via the Logomatia and directly into the Logone towards the west and by the Kabia which joins the El Beïd to the north. Flood flow is at a maximum at El Beïd towards early December with a discharge of 180 m<sup>3</sup>/sec. It is estimated that two thirds of the water from the Logone is lost to evaporation and that about 850 000 tonnes of sediment carried from the river are deposited in an average year in the plain which is mainly covered by grasses.

The value of the 'yaéré' flood in the life cycle of several commercial fish species, including *Alestes baremoze* ('salanga') is well known (CARMOUZE *et al.*, 1983).





## Les autres plaines inondées

### Entre Chari et Logone

En rive droite, juste en aval de Laï, entre Satégui et Goundo, le Grand-Courant est un effluent du Logone. Il occupe l'un des sillons compris entre les grands cordons sableux, orientés nord-sud, véritables chaussées naturelles entre Laï et Bousso, et inonde environ 50 p. 100 des espaces de la plaine de Déressia. La végétation arbustive ne se développe que sur ces cordons sableux. A 38 kilomètres du Logone, au seuil de Marou, les eaux se rassemblent pour former un cours d'eau bien constitué, le Ba-Illi du Nord. Celui-ci coule en thalweg dans la dépression entre Logone et Chari et rejoint le Logone à Logone Gana.

De multiples effluents au sud de Bongor concourent à former la rivière Bissim qui rejoint la dépression au nord de Bongor.

A partir de Katoa, à 60 kilomètres au nord de Bongor, et jusqu'à Logone Gana, les bourrelets de berge du Logone disparaissent pratiquement, ce qui permet notamment l'inondation en rive droite du Logone, sur une largeur de 15 à 20 kilomètres. Seule une frange assez étroite, de l'ordre de 10 à 15 kilomètres, reste émergée en période de crue, le long du Chari. Les eaux regagnent le Logone également à Logone Gana, ou le Ba-Illi prend aussi le nom de N'Gourkoula ou Koulambou. Dans cette région, un autre bras d'eau, la Loumia, fait communiquer Logone et Chari en période de hautes eaux.

Au sud de Bousso, un ensemble de rivières de plaine, de régime tropical à écoulement saisonnier, se rejoignent pour former le Ba-Illi du Sud, affluent du Chari, environ 30 kilomètres en aval de Bousso. L'ensemble du Bassin du Ba-Illi du Sud constitue une plaine inondable d'environ 2 000 kilomètres carrés en saison des pluies.

### Plaine de Massenya

La plaine inondée de Massenya borde le Bahr Erguig. Celui-ci longe le Chari pendant une soixantaine de kilomètres, puis s'en écarte, laissant alors entre les deux fleuves une zone marécageuse. La zone inondée se situe surtout en rive droite du Bahr Erguig sur une largeur d'une vingtaine de kilomètres qui peut communiquer avec le Laïri lors des plus fortes crues. La surface inondable est de 7 000 kilomètres carrés.

### Delta intérieur de la Yobé

Dans l'ouest du Bassin Conventionnel, la rivière Yobé se forme 30 kilomètres en amont de Gashua par le confluent de bras multiples d'un delta intérieur, alimenté notamment par la rivière Hadejia qui prend sa source dans l'État de Bauchi. En période de crue (dès juillet en phase climatique moyenne) une vaste plaine est inondée, d'une superficie de l'ordre de 7 000 à 10 000 kilomètres carrés. La plupart des bras morts et des zones inondables de la basse vallée de la Yobé sont maintenant aménagés pour la conservation de l'eau. Le débit de la Yobé décroît très sensiblement d'amont en aval.

## Les autres plans d'eau

### Le Lac Fitri

Le lac Fitri peut être considéré comme un modèle réduit du Lac Tchad. Egalement situé à une altitude de 280 mètres, il peut s'assécher presque complètement (en 1973 par exemple) ; à son maximum d'extension il pourrait atteindre 1 300 kilomètres carrés, mais en période moyenne sa surface est de 800 kilomètres carrés pour des apports de 0,7 à 2 kilomètres cubes par an (moyenne : 0,63 kilomètres cubes entre 1955 et 1973). Il est alimenté principalement par le Batha qui coule trois à quatre mois par an, de juillet à octobre, et secondairement par les apports en provenance de l'Aboutelfan (LEMOALLE, 1987).

Ses variations de niveau sont plus accentuées que celles du Lac Tchad car son bassin, plus septentrional, est plus sensible aux variations climatiques. Les variations saisonnières de niveau sont de 1,5 à 2 mètres. Le paysage lacustre et les peuplements végétaux sont semblables à ceux du Lac Tchad.

Les plaines entre le Chari et le lac Fitri sont mal drainées et soumises à des inondations résultant des pluies directes.

## Other flood plains

### Between the Chari and the Logone

The Grand Courant on the right bank just below Laï between Satégui and Goundo is a distributary of the Logone. It occupies one of the large furrows between the major north-south sandy bands which act as natural flow channels between Laï and Bousso. The Grand Courant floods about 50 per cent of the Déressia plain. Woody vegetation is only found on sandy areas. Some 38 km from the Logone at the Marou ridge the water is collected in a well-defined channel which is the Northern Ba-Illi. This last flows in thalweg in the depression between the Logone and the Chari and joins the Logone at Logone Gana.

Many distributaries to the south of Bongor run together to become the Bissim river which enters the depression to the north of Bongor.

From Katoa, 60 km to the north of Bongor and as far as Logone Gana, there are almost no banks which allows the area on the right to be flooded to a width of 15-20 km. A narrow fringe of 10-15 km is the only area not submerged along the Chari. This water also rejoins the Logone at Logone Gana where the Ba-Illi becomes the N'Gourkoula or the Koulambou. In this area the Loumia is another arm of the system which allows direct passage between the Logone and the Chari at high water.

About 30 km to the south of Bousso a collection of plains rivers with tropical seasonal flow patterns gather together to form the southern Ba-Illi, a tributary of the Chari. The whole of the Southern Ba-Illi becomes a flood plain of some 2000 km<sup>2</sup> in the rainy season.

### The Massenya plain

The Massenya flood plain borders the Bahr Erguig. This river runs alongside the Chari for about 60 km then diverges from it to leave a swampy area between the two. The flooded area is mainly along the right bank of the Bahr Erguig, covering an area about 20 km wide which may be directly connected to the Laïri at very high flood levels. The area that can be flooded is about 7000 km<sup>2</sup>.

### The interior delta of the Yobé

In the western part of the Conventional Basin the Yobé river forms 30 km upstream from Gashua by the coming together of several small streams of an interior delta. This is mainly fed by the Hadejia river which rises in Bauchi State. During the flood period (as early as July under normal climatic circumstances) a vast area of 7000-10000 km<sup>2</sup> is flooded. Most of the old streams and the floodable areas of the lower valley of the Yobé are now under control for water conservation. The discharge of the Yobé reduces rapidly as it moves downstream.

## Other water bodies

### Lake Fitri

Lake Fitri can be looked upon as a miniature Lake Chad. It is also situated at 280 m a.s.l. and may become almost completely dry, as it did in 1973. As its maximum it may cover 1300 km<sup>2</sup> but on average it covers 800 km<sup>2</sup> and has a volume of 0.7-2.0 cubic kilometres,



Photo 5 : Lac Fitri, départ du port de Yao, Tchad (cliché, M.F. COUREL, novembre 1994).  
Photo 5 : Lake Fitri, departure from Yao harbour, Chad (Photo, M.F. COUREL, November 1994).





### Les lacs et mares du Kanem

Les dépressions interdunaires de l'erg qui borde le nord-est du Lac Tchad abritent des lacs temporaires ou permanents. La plupart, une centaine, sont situés à l'intérieur du triangle Liwa-Bol-Mao, au Tchad.

Les profondeurs maximales vont de 0,5 à 1 mètre pour les milieux temporaires et de 1 à 2 mètres (exceptionnellement 3 mètres) pour les lacs permanents. Les superficies vont de quelques hectares à 2 kilomètres carrés. Leur alimentation se fait par les pluies directes et les nappes phréatiques du Lac Tchad et du Chitati. L'évaporation est supérieure à 2 mètres. Les variations interannuelles de la pluviosité et de la nappe du Lac Tchad entraînent des changements dans la pérennité des lacs du Kanem. En 1994, les quatre derniers lacs permanents de la région, se trouvaient dans les profondes dépressions interdunaires de la région de Nokou, juste à la limite du Bassin Conventionnel.



Photo 6 : Yiligi vu du nord-est, région de Nokou (Cliché, J.LEMOALLE, novembre 1994).  
Photo 6 : Yiligi view from north -east, Nokou region (Photo, J.LEMOALLE, November 1994).

Les eaux sont bicarbonatées sodi-calciques pour les lacs permanents les plus dilués, et bicarbonatées sodiques pour les lacs plus concentrés. La gamme de variation des salures va de 0,4 gramme par litre à 200 gramme par litre (ILTIS, 1974).

Un bon nombre de dépressions entièrement ou presque entièrement desséchées sont utilisées pour l'exploitation de carbonates et de bicarbonates de sodium : le natron. Dans les lacs, la micro-algue *Oscillatoria platensis*, la spiruline, se développe en masse. Elle est récoltée et utilisée pour l'alimentation humaine.

although its volume was only 0.63 cubic kilometres between 1955 and 1973. It is fed mainly by the Batha which flows for three to four months per year in July to October. It also receives some water from the Aboutelfan (LEMOALLE, 1987).

Fitri's water levels are more variable than those of Lake Chad because its catchment area, which is farther to the north, is more susceptible to climatic variations. Seasonal variations in level are of the order of 1.5-2.0 m. The lake vegetation and physiognomy are similar to those of Lake Chad.

The plains between the Chari and Lake Fitri are poorly drained and may be flooded by direct rainfall.

### Kanem lakes and pools

The interdune depressions of the erg bordering the northeast of Lake Chad contain permanent or temporary water bodies. Most of them, about a hundred, are in a triangle formed by Liwa-Bol-Mao in Chad.

Maximum depths are 0.5-1.0 m for temporary pools and 1-2 (exceptionally 3) m for permanent lakes. Sizes vary from a few hectares to 2 km<sup>2</sup>. They receive water directly from rain and from the ground water table of Lake Chad and the Chitati. Evaporation is in excess of 2 m. Interannual variations in rainfall and Lake Chad water table result in changes in the longevity of these Kanem lakes. In 1994 there were only four permanent lakes left in the deepest interdune depressions around Noukou just at the edge of the Conventional Basin.

The water is of sodium-calcium bicarbonate type for the most dilute of the permanent lakes and of sodium bicarbonate in the lakes with more concentrated water. Solute concentrates range from 0.4 to 200.0 g/litre (ILTIS, 1974).

Several dry or almost dry depressions are used for the production of sodium carbonate and sodium bicarbonate, known as natron. The micro-algae *Oscillatoria platensis* reproduces copiously in the lakes and is used as human food.



**Bibliographie**

**BENECH V., QUENSIERE J., VIDY G.,** 1982. Hydrologie et physico-chimie des eaux de la plaine d’inondation du Nord-Cameroun. Cah. ORSTOM, sér. Hydrologie, 19 (1) : 15-35.

**BILLON B., BOUCHARDEAU A., PIYENS S., RIOU C., ROCHE M., RODIER J.,** 1967. Monographie hydrologique du Logone - 1ère partie : facteurs conditionnels du régime, Paris, ORSTOM, 102 p.

**BILLON B., GUISCAFRE J., HERBAUD J., OBERLIN G.,** 1974. Le Bassin du fleuve Chari. Monogr. Hydrol. n°2, ORSTOM, Paris, 450 p.

**BILLON B., ROCHE M., RODIER J..** 1967 - Monographie hydrologique du Logone . 5e partie : Interprétation des données du Logone inférieur.

**CARMOUZE J.P., DEJOUX C., DURAND J.R., GRAS R., ILTIS A., LAUZANNE L., LEMOALLE J., LEVEQUE C., LOUBENS G., SAINT-JEAN L.,** 1972. Grandes zones écologiques du Lac Tchad. Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol. 6 (2) : 103-169.

**CARMOUZE J.P., DURAND J.R.** et LÉVEQUE C. (éds), 1983 - Lake Chad. Monogr. Biological 53, Junk, 575 p.

**GAC J.Y.,** 1980. Géochimie du Bassin du Lac Tchad. Trav. Doc. ORSTOM n° 123, ORSTOM, Paris, 251 p.

**ILTIS A.,** 1974. Phytoplancton des mares natronées du Kanem. 8. Classification des milieux étudiés et espèces caractéristiques. Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol. 8 : 81-91.

**ILTIS A., LEMOALLE J.,** 1983. The aquatic vegetation of Lake Chad p 125 - 143 *in* Lake Chad, Carmouze J.P., Durand J.R. & Lévèque C. (eds), Monogr. Biologicae 53, Junk, 575 p.

Institut national des Sciences et Techniques humaines (Tchad), Institut national géographique (France). 1972 - Atlas pratique du Tchad.

**LEMOALLE J.,** 1987. Lac Fitri, p 275 - 277 *in* Burgis M., Symoens J., (eds). African wetlands and shallow water bodies/Zones humides et lacs peu profonds d’Afrique. ORSTOM, Paris, 650 p.

**LEMOALLE J.,** 1991. Eléments d’hydrologie du Lac Tchad au cours d’une période de sécheresse (1973-1989). FAO Fisheries Rep. 445 : 54-61.

**NAAH E.,** 1989. Hydrologie du Grand Yaéré du Nord-Cameroun. Thèse, Univ. Yaoundé, 327 p.

**OLIVRY J.C.,** 1986. Fleuves et rivières du Cameroun. Monogr. Hydrol. n°9, ORSTOM, Paris, 733 p.

**RECLUS E.,** 1887 - Nouvelle géographie universelle, tome XII, l’Afrique occidentale. Paris, hachette, 727 p.

**ROCHE M.,** 1973 - Traçage naturel salin et isotopique des eaux du système hydrologique du Lac Tchad. Thèse, Univ. Paris 6, 385 p.

**TILHO J.,** 1911 - Documents scientifiques de la Mission Tilho (1906-1908). Paris, Imp. Nationale, 3 vols.

**TILHO J.,** 1928. Variations et disparition possible du Lac Tchad. Ann. Géogr. Paris 37 : 238 - 260